Aus der Chirurgischen Abteilung der Kinderklinik des
Städtischen Rudolf-Virchow-Krankenhauses in Berlin

Chefarzt: Professor Dr. med. Wolfgang Haße

Traumatische Epiphysenverletzungen im Wachstumsalter

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Mohammad Reza Naderi
aus Teheran/Iran

1985

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549615_0046

Aus der Chirurgischen Abteilung der Kinderklinik des
Städtischen Rudolf-Virchow-Krankenhauses in Berlin

Chefarzt: Professor Dr. med. Wolfgang Haße

Traumatische Epiphysenverletzungen im Wachstumsalter

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Mohammad Reza Naderi
aus Teheran/Iran

Referent: Priv. Doz. Dr. med. Yadollah Moazami-Goudarzi

Korreferent: Prof. Dr. med. J. Waldschmidt

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 11.10.1985

Inhalt

I.	Einleitung	S	4
II.	Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Epiphyse	S	6
III.	Klassifizierung der Epiphysenfrakturen und Epiphysenlösungen	S	10
IV.	Regionale Besonderheiten der Epiphysenverletzungen	S	13
V.	Wachstum und Wachstumsstörung	S	19
VI.	Eigene Untersuchungen und Untersuchungsergebnisse	S	24
VII.	Zusammenfassung	S	29
VIII.	Literaturnachweis	S	31
IX.	Lebenslauf	S	42

I. Einleitung

Zwischen den kindlichen Frakturen und den Frakturen bei Erwachsenen bestehen prinzipielle Unterschiede. Diese Unterschiede werden seit langem bei der Behandlung dieser Frakturen berücksichtigt. Das kindliche Skelet unterscheidet sich in seinen physikalischen und physiologischen Eigenschaften ganz wesentlich vom Skelet des Erwachsenen. Es besitzt nicht nur regenerative Potenzen, sondern verfügt außerdem über spezielle Reaktionsmechanismen, die dem Erwachsenen fehlen.

Die Unterscheidung beruht im Wesentlichen auf dem Vorhandensein der Wachstumsfuge, die den überwiegenden Teil des Längenwachstums des Knochens bewirkt, während das Periost für das Dickenwachstum verantwortlich ist.

Die meisten Frakturen im Kindes- und jugendlichen Alter heilen im Allgemeinen durch geeignete konservative Therapie ohne bleibende Folgen. Von der Regel der konservativen Behandlung gibt es einige wichtige Ausnahmen, die eine operative Versorgung der Frakturen erfordern:

1. Epiphysenfrakturen vom Typ Aitken II und III
2. Schenkelhalsfrakturen
3. Gelenknahe und osteochondrale Frakturen
4. Distraktionsfrakturen
5. Schaftfrakturen mit nicht korrigierbarem Rotationsfehler und bei polytraumatisierten Kindern zur Erleichterung der Intensivbehandlung
6. Offene Frakturen mit Gefäß-, Nerven-, Sehnen- und Weichteilschäden
7. Übergangsfrakturen
8. Pseudarthrosen und fehlverheilte Frakturen
9. Pathologische Frakturen, die die Epiphysenfuge miteinbeziehen und eine Beschädigung der epipyhsealen Gefäße bewirken und auch zur Schädigung des Stratum germinativum des Fugenknorpels führen.

Epiphysenfrakturen und Epiphysenlösungen werden heute meist unter dem Begriff der Epiphysenfugenfrakturen zusammengefaßt. Die Problematik der Epiphysenfrakturen liegt in der Möglichkeit des posttraumatischen vorzeitigen partiellen Fugenschlusses, wenn solche Frakturen nicht anatomisch reponiert und wasserdicht retiniert werden. Vom Aspekt der Wachstumsstörung

wird im Allgemeinen den Epiphysenfrakturen eine schlechtere, den Epiphysenlösungen eine gute Prognose zugestanden. Mehr und mehr wird aber auch bei Epiphysenlösungen die operative Versorgung empfohlen, meist mit der Begründung einer möglichen Periostinterposition (23,49,64,65,66,107,109). Die Nachuntersuchung der Epiphysenfrakturen und Epiphysenlösungen aus den Jahren 1973 bis 1980 sollte die Frage nach der Berechtigung des Therapieverfahrens beantworten helfen. Vor allem sollte geklärt werden, wie häufig eine Wachstumsstörung auftritt.

II. Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Epiphyse

Das Skelet ist ursprünglich ein Knorpelskelet und bleibt im Bereich der äußeren Nase, des Kehlkopfes und der Rippenknorpel sowie an den Gelenkflächen der Knochen erhalten; in übrigen Regionen verknöchert es. Im Gebiet des Schädels und am Schlüsselbein kommt direkte Knochenbildung im Bindegewebe vor. Diese knorpeligen Skeletteile nehmen bereits im Wesentlichen die Form der späteren Knochen an. Die Verknöcherung der Extremitäten erfolgt teils peri-, teils enchondral mit vielfacher Epiphysenbildung. Die Verknöcherung beginnt an den großen Knochen ungefähr gleichzeitig in der siebten Woche der Embryonalphase. Mit etwa drei Monaten bei einer Körperlänge von 8 - 9 cm sind alle langen Röhrenknochen im Bereich ihrer Diaphysen verknöchert, auch die Metacarpalia und Phalangen. In den Handwurzelknochen erscheinen die Knochenkerne erst in den ersten Lebensjahren, während im Bereich der Fußwurzel schon im sechsten bis siebten Fetalmonat Knochenkerne zu finden sind.

Die epiphysären Knochenkerne erscheinen in Abhängigkeit von der Größe und Beanspruchung der Knochen, im distalen Femurende vor der Geburt, an den anderen großen Epiphysen im ersten, an den kleinen schrittweise in den folgenden Lebensjahren, bis zum Beginn des zweiten Jahrzehnts.

Das Längenwachstum der Knochen erfolgt hauptsächlich im Bereich der Knorpelscheiben, die zwischen Diaphyse und Epiphyse bis zum Abschluß des Wachstums als Epiphysenknorpel bestehen bleiben (25,90).

Der im Wachstumsstadium befindliche Röhrenknochen wird nach F. Schmid in eine Diaphyse, Metaphyse, Epiphyse und einen vierten Abschnitt, "Physe", unterteilt.

Die Diaphyse ist bei den Röhrenknochen ein röhrenförmiges Gebilde von nicht gleichmäßigem Kaliber und unregelmäßiger Wandstärke. Sie setzt sich zusammen aus der Corticalis und der Spongiosa. Die Epiphyse stellt das knorpelige Ende der Röhrenknochen dar, welches im Laufe des Wachstums vom Zentrum aus (= Epiphysenkern) ossifiziert und am Ende des Wachstums durch Verbrauch der Epiphysenplatte mit der Metaphyse verschmilzt.

Die Metaphyse stellt die in Ossifikationsprozessen begriffenen Diaphysenenden dar und umfaßt den Raum zwischen Ossifikationsbeginn und definitiver Knochenformation. Die "Physe" ist radiologisch nicht sichtbar, da sie aus Knorpel besteht, der keinen Kontrast gibt; sie umfaßt den Raum zwischen

Meta- und Epiphyse. Weitgehend identisch ist sie mit der als"Epiphysenfuge" oder "Epiphysenplatte" oder "Metaphysenfugenknorpel" oder "Wachstumsfuge" etc. bezeichneten Aufhellungsfuge zwischen der präparatorischen Verkalkungszone und dem Epiphysenkern und enthält die Zone des aktiven Säulenknorpels.

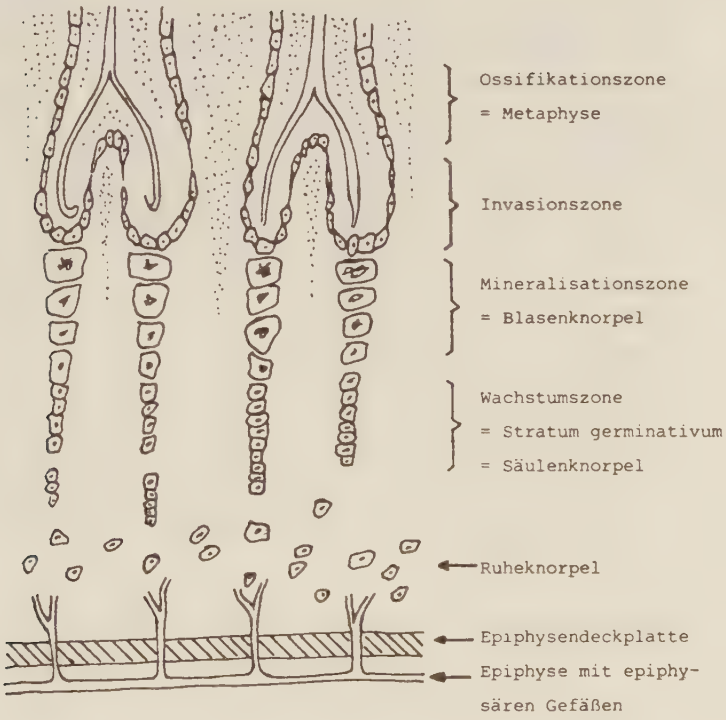
Abb. 1 zeigt den histologischen Aufbau einer normalen Epiphysenfuge. Nach W. Doerr ist die Metaphysenknorpelplatte aus folgenden histologischen Schichten bzw. Zonen aufgebaut:

1. Die Zone des sogenannten "ruhenden" Knorpels, besteht aus relativ kleinen ovoiden, z.T. spindeligen Zellen mit gestreckten Kernen, häufig mit Querlagerung der Zellachse zur Knochenlängsachse. Biologisch handelt es sich um Reste des embryonalen Chondroblasten. In dieser Zone sind die Knorpelzellen unregelmäßig angeordnet.
2. In der Zone des proliferierenden Knorpels zeigen die Zellen sehr deutliche Mitoseaktivität; die Zellkerne sind hier größer, das Cytoplasma nimmt eine runde, manchmal auch dreieckige Form an.
3. Die Zone des Säulenknorpels, die nun typische Säulenformation zeigt, wird durch scheibenförmig ausgestaltete Knorpelkerne gekennzeichnet. Die Zellachsen stehen meist quer. In dieser Zone befindet sich die Wachstumszone, die auch als Stratum germinativum bezeichnet wird.
4. In der Zone des großblasigen oder hypertrophischen Knorpels (= Mineralisationszone) setzen degenrative Veränderungen der Chondrocyten ein, die schließlich zum Zelltod führen. Die Zellkerne zeigen Pyknose. Die Zellwände des Blasenknorpels sind noch metaphysenwärts längere Zeit nachweisbar und bilden offenbar ein Leitgerüst für die vorhandene Verknöcherung in der Eröffnungszone. Der Übergangsbereich zwischen hypertrophierendem und degenerierendem Knorpel und der Zone der primären Ossifikation ist ein locus minoris resistentiae; seiner geringen mechanischen Festigkeit wegen findet hier die traumatische Schädigung statt.
5. Die sogenannte präparatorische Verkalkungszone (= Ossifikationszone) beginnt unscharf und mit der Mineralisation der Interterritorialsubstanz in der Zone des großblasigen Knorpels.

Nach den Untersuchungen von Trueta und Mitarbeitern (1960) verfügen die Röhrenknochen über eine besondere Gefäßarchitektur. Man unterscheidet

dabei zwischen einem epi- und metaphysären sowie einem perichondralen Blutzufluß, wobei die Epiphysenfuge von Gefäßen nicht durchdrungen wird. (Abb. 2) Das epiphysäre Gefäßsystem ist verantwortlich für die Ernährung der germinativen und proliferativen Knorpelzellen, das metaphysäre Gefäßsystem hingegen für den geregelten Ablauf chondrolytischer Prozesse in der Öffnungszone und für die Ossifikationsvorgänge in der Metaphyse. Das perichondrale Kapillarsystem versorgt das vom Perichondrium durch Apposition neu gebildete Knorpelgewebe (12,98,109).

Abb. 1 Histologischer Bau der Epiphysenfuge, schematisch dargestellt nach B. Kehrer (41)



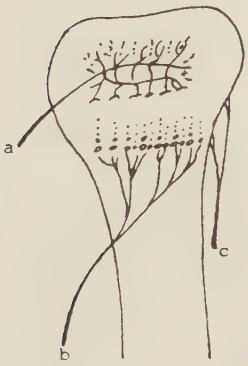


Abb. 2 Schematische Darstellung der Epiphyse und ihrer Blutversorgung nach H. Cotta (12)

a) epiphyseale Arterie
b) metaphyseale Arterie
c) Arteriole aus Perichondrium

III. Klassifizierung der Epiphysenfrakturen und Epiphysenlösungen

Zur Beurteilung der Diagnose und zur Sicherung der richtigen Therapie von Verletzungen der Wachstumsfuge sind zahlreiche Klassifikationen in der Literatur beschrieben (Tab. 1)

Die heute auch im europäischen Schrifttum gebräuchlichen Einteilungen der Epiphysenfugenverletzungen sind diejenigen von Aitken (1,2) sowie Salter und Harris (79). Nach Morscher (63) besteht der Nachteil der Klassifikation von Aitken darin, daß man versucht hat, die auf die distale Tibia und die distale Femurepiphysenfuge zutreffenden Verletzungsformen für allgemein gültig zu erklären. Hierzu kommt, daß weder vom unfallmechanischen noch vom therapeutischen Standpunkt aus ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Typ II und Typ III besteht.

Salter und Harris erschien die Einteilung von Aitken in 3 Typen unvollständig. Sie haben deshalb eine Einteilung von insgesamt 5 Gruppen vorgeschlagen. Auch diese Klassifikation ist zu sehr auf das obere Sprunggelenk ausgerichtet und nach heutigem Stand unvollständig, meint Morscher (63) und klassifiziert die Epiphysenfugenverletzungen nach unfallmechanischen Gesichtspunkten.

1974 haben Müller und Ganz die Einteilung von Salter und Harris ergänzt und eine 6. Gruppe, die periepiphysäre Verletzung hinzugefügt. Will man für die Praxis ein gültiges Konzept bezüglich Diagnostik und Therapie der am oberen Sprunggelenk häufigsten Verletzungen anbieten, so hat sich die Einteilung nach Aitken außerordentlich bewährt (87).

Tab. 1 Klassifizierung der Epiphysenverletzungen (nach Hertel)

Aitken	Salter u. Harris	Müller u. Ganz	
0	I	I	Lyse
I	II	II	Lyse + metaphysäres Fragment
II	III	III	Lyse + epiphysäres Fragment
III	IV	IV	epi- metaphysäres Fragment
	V	V	Stauchung (Crush)
		VI	periepiphysäre Verletzung

Weber (108) unterscheidet zwischen harmlosen und gefährlichen Frakturen im Gebiet der Wachstumsfuge. Harmlos sind die Epiphysenlösungen mit oder ohne metaphysäre Schrägfraktur. Gefährlich sind die echten Fugenfrakturen, bei welchen die Frakturlinie die Wachstumsfuge durchkreuzt und das empfindliche Stratum germinativum verletzt.

Nach Kehrer (41) sind grundsätzlich zwei verschiedene Frakturverläufe im Fugenbereich möglich, die auch für Behandlung und Prognose von Bedeutung sind: die Epiphyseolyse und die Epiphysenfraktur. Die Klassifikation der Epiphysenverletzungen nach Aitken (1) sowie Müller und Ganz (66) sind in Abbildung 3 und 4 schematisch dargestellt.

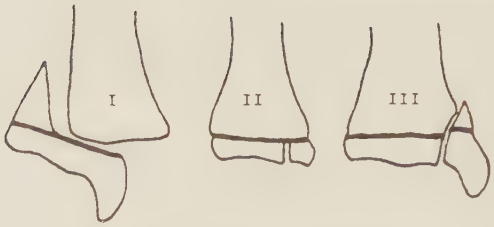


Abb. 3 Klassifikation der Epiphysenverletzungen für das distale Tibiaende nach Originalabbildung von Aitken (1)

Abb. 4 Schematische Darstellung der sechs Epiphysenfugenverletzungen nach Müller und Ganz (66)

IV. Regionale Besonderheiten der Epiphysenverletzungen

Proximaler Humerus

Der Anteil der reinen Epiphysenlösungen an den proximalen Humerusfrakuren ist sehr klein. Bei jüngeren Kindern treten nur Lysen auf, bei ältern Kindern Aitken I - Verletzungen (52,79). Die geburtstraumatische Epiphysenlösung ist eine seltene Geburtsverletzung, sie tritt nach schwieriger Armentwicklung bei Beckenendlagen auf. Veränderungen der Fuge, wie sie beispielsweise bei der angeborenen Syphilis vorkommen, können für die Lyse prädisponierend wirken (13,52).
Nachdem die Epiphysenfrakturen vom Typ Aitken II und III am oberen Ende des Humerus nicht vorkommen, müssen keine progredienten Fehlstellungen wegen Wachstumsstörung in der Epiphysenfuge befürchtet werden. Therapieprobleme können auftreten, wenn durch die Lyse das distale Fragment nach cranial disloziert wird und die lange Bizepssehne einklemmt (32,52,79).

Distaler Humerus

Die Abrißfraktur des Epicondylus medialis ist beim Kind und beim Jugendlichen bis zum Verschluß der Apophysenfuge eine relativ häufige Verletzung. Sie ist oft kombiniert mit einer Luxation des Ellbogengelenks. Der Abriß geschieht in zwei Formen: einerseits die seltenere reine Apophysenlysis, andererseits die weit häufigere metaphysäre Apophysenfraktur analog der Fraktur anch Aitken I bei der Epiphyse. Die Abbrüche des Condylus medialis jedoch treten bei Kindern äußerst selten auf. Im Gegensatz zum Abbruch des Condylus lateralis handelt es sich dabei um eine reine Lyse. Wachstumsstörungen sind nicht zu befürchten (70,115).
Die Abbrüche des Condylus lateralis sind nach supracondylären Humerusfrakturen die häufigste Läsion im Ellbogenbereich(nach Blount 18,5%).
Die Fraktur ist eine schwere intraarticuläre Epiphysenfraktur vom Typ Aitken III, einhergehend meist mit grober Dislokation, bedingt durch den Zug der Handstrecker. Die Bruchlinie kreuzt die Wachstumsfuge und es muß deshalb mit Wachstumsstörungen gerechnet werden. Das Fragment kann größer sein und einen Teil der Trochlea miteinbeziehen. Infolge des oft klinisch und röntgenologisch diskreten Befundes kann die Diagnose zuweilen sehr schwierig sein. Über die geburtstraumatischen Epiphysenlösungen am distalen Oberarmende gibt es nur wenige Hinweise in der Literatur(5,13,32,115).

Proximaler Radius und Ulna

Epiphysenlösungen des Radiusköpfchens sind selten. Bei den Lösungen der Speichenköpfchenepiphyse überwiegen Fälle, bei denen gleichzeitig ein Keil von der Metaphyse abgebrochen ist. Die Radiuskopfchenbrüche liegen distal der Epiphyse, die somit nicht betroffen ist. Bei den seltenen Meisselfrakturen handelt es sich jedoch um eine Verletzung vom Typ Aitken III mit Durchkreuzung des Stratum germinativum und der Gelenkstufe. Da das Radiusköpfchen beim Kind noch weitgehend knorpelig ist, kommt es im Röntgenbild nicht in seiner ganzen Abgrenzung zur Darstellung. Das abgesprengte Fragment ist deshalb immer viel größer als röntgenologisch vermutet.

Die Olecranonfraktur, Abriß- oder Knickfraktur, stellt meist eine metaphysäre, seltener eine Aitken I - Fraktur dar. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Olecranonkern relativ spät, etwa um das 10. Lebensjahr auftritt und manchmal auch einen zweiten Kern, den sogenannten Olecranonspitzenkern besitzt (23,115).

Distaler Radius und Ulna

Die distale Radiusepiphyseolyse ist die häufigste Lyse überhaupt, dagegen ist die Epiphysenverletzung der distalen Ulna selten. Das metaphysäre Fragment der Aitken I - Verletzung am Handgelenk liegt in der Regel dorsal, entsprechend dem Colles-Typ des Erwachsenen. Kleinere verbleibende Dislokationen sind irrelevant, sie gleichen sich im Zuge des Wachstums aus. Gelegentlich kann das zerrissene Periost in den Frakturspalt eingeschlagen sein. Es wirkt in diesen Fällen als Repositionshindernis (32,92). Bei den sehr seltenen Aitken II und Aitken III - Frakturen durchkreuzt einerseits die Bruchlinie das Stratum germinativum der Fuge und andererseits liegt eine intraarticuläre Fraktur vor. Diese beiden Tatsachen erfordern eine absolut "wasserdichte" Reposition. Auch bei konservativ ideal reponierten Aitken II und III - Frakturen kommt es doch später sehr häufig zum gefürchteten Fehlwachstum (5,92).

Der Grund dafür liegt sowohl in der Schädigung des Stratum germinativum durch die Fraktur als auch in der epi-metaphysären Callusbrücke, welche eine lokale Epiphyseodese bewirkt. Diese führt einerseits zu einer Deformation der Handgelenksebene und andererseits zu einem verminderten Längenwachstum des Radius mit Ulnavorschub. Es entsteht dadurch eine kos-

metisch häßliche Radialdeviation der Hand im Sinne einer posttraumatischen Madelungschen Deformität (91,92,108).

Handskelet

Hier treten Epiphyseolysen oder Aitken I - Verletzungen an den Metacapalköpfchen bzw. an den Basen der Grund- und Mittelphalanx auf. Unter den vier wichtigsten Wachstumsfugen jedes einzelnen Fingerstrahls ist die Wachstumsfuge an der Basis der Grundphalanx weitaus am Häufigsten betroffen. Eine Epiphysenlösung, hervorgerufen durch ein Kombinationstrauma von Stauchung und Abduktion, oder eine Aitken I - metaphysäre Fraktur, kommen etwa gleich oft vor. Hier überwiegt - wie beim Erwachsenen - der 5. Finger.

Aitken II und III - Frakturen können grundsätzlich an jeder der 19 Wachstumsfugen der 5 Einzelstrahlen der Hand vorkommen. Die häufigste Lokalisation ist wiederum die Basis von P I. Das offene Trauma (Axtverletzung, Quetschverletzung) ist für die Mehrzahl der eigentlichen Läsionen der Wachstumsfuge verantwortlich (32,87).

Proximaler Femur

Die kindliche proximale Femurepiphyse stellt bis etwa zum 10. Lebensjahr eine Einheit aus proximaler Femurkopfepiphyse und Trochanter-major-Apophyse dar. Es besteht zwischen beiden Knochenkernen eine röntgenologisch nicht sichtbare Brücke aus Wachstumsknorpel. Da die Femurkopfepiphyse durch den umgebenden Knorpel der Pfanne geschützt ist, kommt es kaum je zur Lyse. Bei Hüftdysplasie fällt dieser Schutz zum Teil weg, so daß sich die Scherkräfte eher auswirken können. Bei reinen traumatischen Lysen handelt es sich meistens um pathologische Lysen, die durch ein Trauma ausgelöst bzw. verschlimmert werden (6,32).

Aufgrund der anatomischen Verhältnisse des proximalen Femurendes müssen alle kindlichen Schenkelhalsfrakturen in ihrer transepiphysären, transcervicalen (= Typ II), cervicotrochantären (= Typ III) und pertrochantären (= Typ IV) Form als Verletzungen mit Beteiligung der Wachstumsfuge angesehen werden. Diese Verletzungen kreuzen den Wachstumsknorpel, sie treten im mittleren bis späten Kindesalter auf und sind in einem hohen Prozentsatz von Kopfnekrosen (8% nach Münzberg), vorzeitigem Epiphysenfugenschluß und Varusdeformitäten gefolgt. Die Ursache dafür ist sicher-

lich in der Besonderheit der Gefäßversorgung der Femurkopfepiphyse zu suchen (50,97).
Wie oben schon erwähnt, besteht das proximale Femurende beim Neugeborenen nciht nur aus dem Schenkelkopf, sondern auch aus dem knorpelig angelegten Schenkelhals und Trochanter major. Bei der Geburtsverletzung werden also auch der Schenkelhals und der Trochanter major zusammen mit dem Schenkekopf abgelöst. Die Bruchlinie zeigt einen ähnlichen Verlauf wie bei der pertrochanteren Fraktur des Erwachsenen. Die geburtstraumatische Epiphyseolyse erfolgt meist bei einer Geburt in Steißlage, wenn bei kräftigem Zug an einer unteren Extremität gleichzeitig eine Torsion, vielleicht auch eine Abduktion erfolgt. Es sind aber auch beim Kaiserschnitt Epiphyseolysen bekannt, wenn die Extraktion wegen eines tief ins kleine Becken eingeklemmten Kopfes oder wegen einer Querlage sehr schwierig ist (13,20).

Distaler Femur

Die Verletzungen an der distalen Femurepiphyse sind häufiger als die der proximalen Tibiaepiphyse. Bei reinen Lysen und Lysen mit metaphysärem Fragment verläuft die Fraktur zwischen den Schichten der degenerierenden Knorpelzellen und der primären Verknöcherung. Das Stratum germinativum der Fuge bleibt unverletzt, so daß ein ungestörtes weiteres Wachstum erwartet werden darf (8,33,92).
Aitken II und III - Frakturen sind hier selten, unter Umständen jedoch folgenschwer. Beide Frakturen, durch Druck- und Biegekräfte hervorgerufen, durchkreuzen die Wachstumszone und erzeugen Gelenkstufen. Reine axiale Druckkräfte verursachen eine T-Fraktur oder eine Y-Fraktur, indem sich die Eminentia zwischen die Condylen schiebt und diese keilhiebartig auseinandertreibt. Es entstehen Aitken II oder III - Frakturen. Die Bandausrißfraktur entspricht dem Typ Aitken II oder III, betroffen ist vorwiegend der Ursprung des lateralen Seitenbandes. Die geburtstraumatische Epiphysenlösung am distalen Oberschenkelende ist sehr selten, in der Literatur finden sich nur wenige Mitteilungen (8,13).

Proximale Tibia und Fibula

Die reinen Lysen und Aitken I - Verletzungen sind ausgesprochen selten, in beiden Fällen bleibt das Stratum germinativum unverletzt. Progredien-

te Wachstumsstörungen brauchen somit nicht befürchtet zu werden. In den Aitken II und III - Fällen ist dagegen mit Wachstumsstörung zu rechnen, das Stratum germinativum wird in beiden Fällen geschädigt (8). Lysen bzw. Aitken I - verletzungen entstehen wie die Seitenbandverletzungen der Erwachsenen. Aitken II und III - Verletzungen werden häufig durch direkte axial stauchende Gewalt verursacht. Die Abrißfrakturen der Tuberositas tibiae, die beim Kind ein zapfenförmiger Ausläufer der proximalen Tibiaepiphyse ist, stellen dem Typ nach Aitken II - Verletzungen dar (32). Geburtstraumatisch bedingte Epiphysenlösung am proximalen Tibiaende ist sehr selten, aber leicht zu erkennen, denn auch hier wie am distalen Femur ist der Knochenkern bereits im Neugeborenenalter sichtbar (13).

Distale Tibia und Fibula

Epiphysenlösungen am distalen Unterschenkel gehören mit 12 - 25% aller Lysen zu den Häufigsten überhaupt und nehmen nach der distalen Radiusepiphyse den zweiten Platz ein. Um das 10. Lebensjahr wird die Verbindung Diaphyse / Epiphyse fester, und dementsprechend treten die reinen Lysen ohne knöcherne Beteiligung seltener auf. Nach dem 15. Lebensjahr nehmen die Lysen an Häufigkeit rapide ab, und die entstehenden Frakturen nähern sich dem Erwachsenentyp.

Bei den Epiphysenfugen des oberen Sprunggelenks handelt es sich um belastete Fugen, und die prognostisch ernsteren epiphysären Frakturen treten hier weit häufiger auf als anderswo. Heilungsstörungen wirken sich demnach hier verhängnisvoller aus, und bereits geringe, durch das Fugenwachstum nicht mehr korrigierbare Fehlstellungen verschieben die Gelenkachse. Dies führt unvermeidlich zu Arthrosen, die besonders für das Beinskelet charakteristisch sind. Die knöchernen Verletzungen am oberen Sprunggelenk werden hinsichtlich Prognose und Behandlung in drei Gruppen unterteilt:

1. harmlose Verletzungen: reine Lysen und Fugenlockerungen; Lysen mit zusätzlichem metaphysärem Keil
2. bedenkliche Verletzungen: Lysenfrakturen mit epiphysärem Fragment
3. Übergangsfrakturen: Frakturen des Tubercule de Tilleaux Chaput

Nach P. Hertel ist die Fraktur des Tubercule de Tilleaux Chaput, eine typische Fraktur zur Zeit des beginnenden Wachstumsabschlusses, eine Aitken II - Fraktur an der lateralen Tibiaepiphyse. Hierbei handelt es sich um einen knöchernen Ausriß der tibio - fibularen Syndesmose, eine Außenrota-

tionsverletzung (19,93,109).

Metatarsalia und Zehen

Der Vorfuß ist für direkte Traumen und Torsionsmechanismen sehr exponiert. Epiphysenlösungen und subcapitale Frakturen kommen nur selten isoliert vor und es finden sich meist Frakturen gleichzeitig mehrerer Metatarsalia. Zehenfrakturen entstehen entweder durch ein direktes Trauma oder durch einen axialen Stoß. Epiphysenfrakturen (Aitken II und III) sind extrem selten (10).

Wirbelsäule

Wie bei allen Frakturen am wachsenden Skelet können auch an der Wirbelsäule neben den gewöhnlichen Frakturen Fugenläsionen mit deren Folgen für das Wachstum vorkommen. Die traumatische Deckplattenlösung (= Randleistenlösung) mit oder ohne Kantenabbruch entspricht der traumatischen Epiphysenlösung mit oder ohne metaphysären Keil der Extremitätenknochen. Es handelt sich demnach um Verletzungen vom Typus Aitken I. Man muß annehmen, daß bei der traumatischen Deckplattenablösung nicht nur das Stratum germinativum intakt bleibt, sondern auch die Bandscheibe selbst. Im Gegensatz dazu sind bei Berstungsbrüchen der Wirbelkörper (wobei die Randleiste zwangsläufig mitfrakturiert ist) Stratum germinativum als auch die Bandscheibe beschädigt. Es ist kaum daran zu zweifeln, daß es sich bei solchen Frakturen im Prinzip um Frakturen vom Typus Aitken II oder III handelt. Diese beinhalten erstens die Gefahr der Wachstumsstörung durch die Epiphyseodese in sich, und zweitens kollabiert die Bandscheibe, weil deren Gewebe durch Risse des Anulus fibrosus austreten oder durch die Frakturspalten der Deckplatten in den Wirbelkörper eindringen kann. Daneben ist bei den erwähnten Frakturtypen zusätzlich ein "Crush" im Sinne von Salter und Harris der Epiphysenfuge möglich (54).

V. Wachstum und Wachstumsstörung

Das Wachstum beeinflußt weitgehend die Problematik der kindlichen Frakturen, Frakturheilung und Frakturfolgen. Einerseits kann das Wachstum korrigierend das Frakturgeschehen beeinflussen, andererseits kann es aber auch durch eine Fraktur gestört werden. Die Wachstumsvorgänge am Knochen können vereinfachend so schematisiert werden: Für das Längenwachstum sind die Epipyhsenfugen verantwortlich, während das Periost das Dickenwachstum bewirkt (5). Die Wachstumsperiode dauert für die einzelnen Knochen unterschiedliche lange. Bis zum 20. Lebensjahr sind die Metaphysenknorpelplatten der Röhrenknochen geschwunden und durch Knochenspongiosa ersetzt. Die platten Knochen zeigen einen besonderen Wachstumsverlauf. Grundsätzlich läßt sich an allen Knochen, wie oben erwähnt, ein Dicken- und Längenwachstum unterscheiden (15,25).

Nach F. Schmid geht der Epiphysenschluß mit dem Abschluß der Pubertät parallel. Da die Pubertät bei Mädchen füher einsetzt und früher beendet ist als bei Jungen, bleibt auch beim Epiphysenschluß eine Geschlechtsdifferenz von durchschnittlich 1 - 2 Jahren. (Abb. 5)

Die ersten Verknöcherungen der Epiphysenfugen findet man bei Mädchen zwischen dem 13. - 15. Lebensjahr, bei Jungen zwischen dem 14. - 17. Lebensjahr. Mit dem vollständigen Epiphysenschluß (= 100% eines normalen Kollektivs) ist bei Mädchen spätestens im 19., bei Jungen im 20. Lebensjahr zu rechnen. Nach D. Stark erfolgt der Schluß der Epiphysenfugen an den langen Extremitäten zu folgenden Zeiten:

Humerus proximal	20. - 22. Lebensjahr
" distal	16. - 17. Lebensjahr
Radius proximal	16. - 18. Lebensjahr
" distal	21. Lebensjahr
Ulna proximal	18. - 21. Lebensjahr
" distal	16. - 18. Lebensjahr
Femur proximal	17. - 19. Lebensjahr
" distal	19. - 24. Lebensjahr

Tibia proximal	19. - 24. Lebensjahr
" distal	16. - 19. Lebensjahr
Fibula proximal	19. - 24. Lebensjahr
" distal	19. - 22. Lebensjahr

Die Reihenfolge der Epiphysenverschmelzung ist regelmäßig und ermöglicht eine Altersbestimmung des Skelets.

Das Längenwachstum ist an verschiedenen Epiphysenfugen unterschiedlich. Die kniegelenksnahen Epiphysenfugen bei Mensch und Tier weisen die größte Wachstumspotenz auf, weshalb bei Ober- und Unterschenkelfrakturen die größten meßbaren Winkelabweichungen zu erwarten sind, wenn sie durch epiphysäres Wachstum bedingt sind. (Abb. 6)

Das Längenwachstum des Unterarmes erfolgt etwa zu 80% in den distalen Wachstumsfugen von Radius und Ulna. Auch in diesem Bereich wirken sich Wachstumsstörungen als Folge von Epiphysenverletzungen besonders aus (5, 72,73).

Relativ leicht erklärlich ist ein teilweiser oder vollständiger Wachstumsstillstand einer Epiphysenfuge aufgrund eines Traumas, wobei einmalige, kurzfristige Störungen von außen von der Wachstumsfuge offenbar durch einen Regelmechanismus kompensiert werden. Dagegen muß unter dem Einfluß einer langanhaltenden exogenen Störung oder bei Störungen endogener Art mit einem extremen Fehlwachstum gerechnet werden (11,12).

Die Ursache eines überschießenden Längenwachstums nach fugenfernen Brüchen kindlicher Röhrenknochen ist bisher lediglich eine empirische Beobachtung und Gegenstand theoretischer Überlegungen und experimenteller Untersuchungen (73).

Nach Bargmann ist die Epiphysenfuge eine im steten Wachstum begriffene Hyalinknorpelplatte, die gleichzeitig von der epiphysären und diaphysären Markhöhle her zerstört wird. Das Abgewogensein von Wachstum und Abbau der Fuge sowie der Knochenablagerung auf den Knorpelresten bestimmt das harmonische Längenwachstum der Knochen. Exogene Schädigungen der Epiphysenfuge, etwa durch mechanisches Trauma oder Infektion, endogene Störungen der Regulation des Fugenwachstums und Fugenersatzes führen zum Minderwuchs einzelner Skeletstücke oder des gesamten Stützgerüstes. Bei Riesenwuchs findet man die Epiphysenfuge abnorm lange erhalten. Für die hormonale

Steuerung der Wachstumszonen des Skelets sind in erster Linie Hypophyse, Schilddrüse, Nebennieren und Keimdrüsen verantwortlich.
Aus experimentellen und klinischen Beobachtungen ist der Einfluß von Hormonen und Vitaminen auf die am Wachstumsknorpel ablaufenden histogenetischen Prozesse, wie Zellproliferation, Matrixsynthese, Zelldifferenzierung, Mineralisation sowie Zelluntergang und Resorption zu beachten (81).

Tabelle 2

Teilprozeß	Stimulierung	Hemmung
Zellproliferation	Wachstumshormon	ACTH
	Thyroxin	Corticosteroide
	Androgene ?	Östrogene ?
Matrixproduktion		Corticosteroide
		Vitamin-C- und -D-Mangel
Knorpel- und Knochenmineralisation	Vitamin-D-Metaboliten?	Vitamin-D-Mangel
		Diphosphate (EHDP)
Resorption von unverkalktem Knorpel	Hypervitaminose Vitamin A	Vitamin-A- und -D-Mangel
Osteoidproduktion	Östrogene (Vögel, Maus)	Corticosteroide
		Vitamin-C-Mangel
		Hypervitaminose Vitamin A
Knochenresorption	Parathormon	Diphosphore
		Calcitonin
		Östrogene (Vögel, Maus)

Der Einfluß von Hormonen und Vitaminen auf die verschiedenen Prozesse in der Wachstumsfuge nach R. Schenk (81)

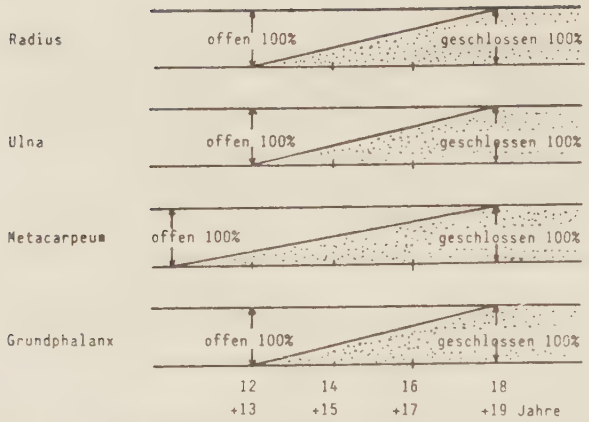


Abb. 5 a) Entwicklung der Epiphysenfugen bei weiblichen Jugendlichen nach F. Schmid (84)

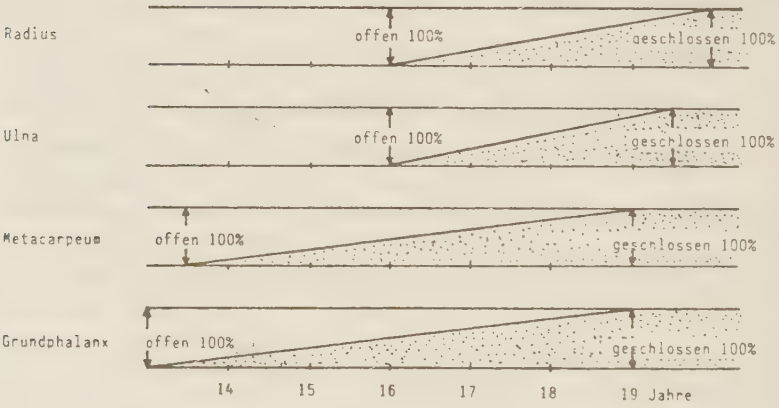


Abb. 5 b) Entwicklung der Epiphysenfugen bei männlichen Jugendlichen nach F. Schmid (84)

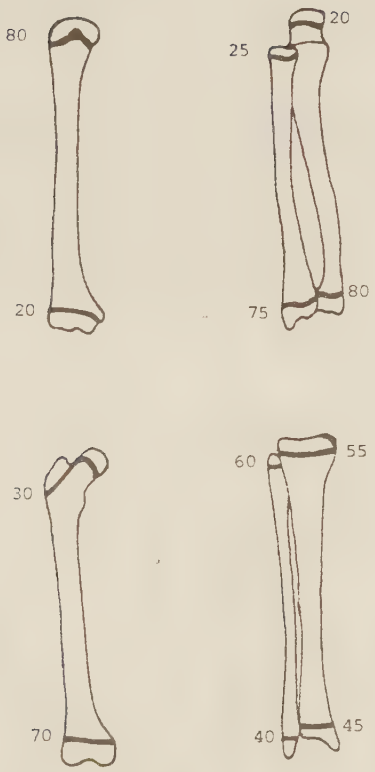


Abb. 6 Prozentualer Anteil der einzelnen Wachstumsfugen am Längenwachstum der jeweiligen Knochen. An den oberen Extremitäten (oben) und an den unteren Extremitäten (unten) nach L.R. von Laer (49)

VI. Eigene Untersuchungen und Untersuchungsergebnisse

Krankengut

In den Jahren 1973 - 1980 wurden in der Kinderchirurgischen Klinik des Rudolf-Virchow-Krankenhauses Berlin West 110 Kinder und Jugendliche wegen Epiphysenverletzungen behandelt. Davon konnten in den Jahren 1980 und 1981 insgesamt 87 ≙ 79,1% nachkontrolliert werden. Im selben Zeitraum wurden in der Kinderchirurgischen Klinik des RVK Berlin West insgesamt 1200 Kinder und Jugendliche wegen Knochenverletzungen behandelt. Bei 110 Epiphysenverletzungen ist der prozentuale Anteil mit 9,1% entsprechend der Literatur (36,37,41,75).

Alter und Geschlecht

Das jüngste Kind war zum Zeitpunkt der Behandlung 5 Jahre alt, die älteste Patientin 17 Jahre.
Am häufigsten sind die 11 - 13 Jährigen betroffen. Die Zahl der Epiphysenverletzungen bei den Knaben ist höher als bei den Mädchen. Es handelte sich um 63 ≙ 57,3% männliche und 47 ≙ 42,7% weibliche Patienten.

Unfallhergang

Bei 96 ≙ 87,3% von insgesamt 110 Patienten war es anamnestisch möglich, den Unfallhergang zu erfahren. Die meisten Unfälle bei den 96 Kindern geschahen beim Spielen. Es sind 67 ≙ 69,8%.
21 ≙ 21,9% der Kinder waren auf dem Weg zur Schule oder in der Schule, zum Beispiel beim Turnen, verunglückt. Die restlichen 8 ≙ 8,3% können unmittelbar als Folge eines Verkehrsunfalls mit Fahrrad, Moped oder Autos betrachtet werden. Auffallend hoch sind auch bei uns wie in den großen Statistiken (Jonasch) die Verletzungen durch Sport und Spiel.

Klassifikation

In der überwiegenden Zahl der Fälle (92 ≙ 83,6%) handelt es sich um Lysen mit oder ohne metaphysäres Fragment. Die "reine" Lyse ist mit 48 ≙ 43,8% am häufigsten, gefolgt von Lyse mit metaphysärem Fragment und mit Abstand Aitken II und III Verletzungen. Stauchungen bzw. periepiphysäre Verletzungen sind in dem Krankengut nicht vorgekommen. Die Einteilung in der Tabelle 3 ist nach Müller und Ganz (1974) gegliedert.

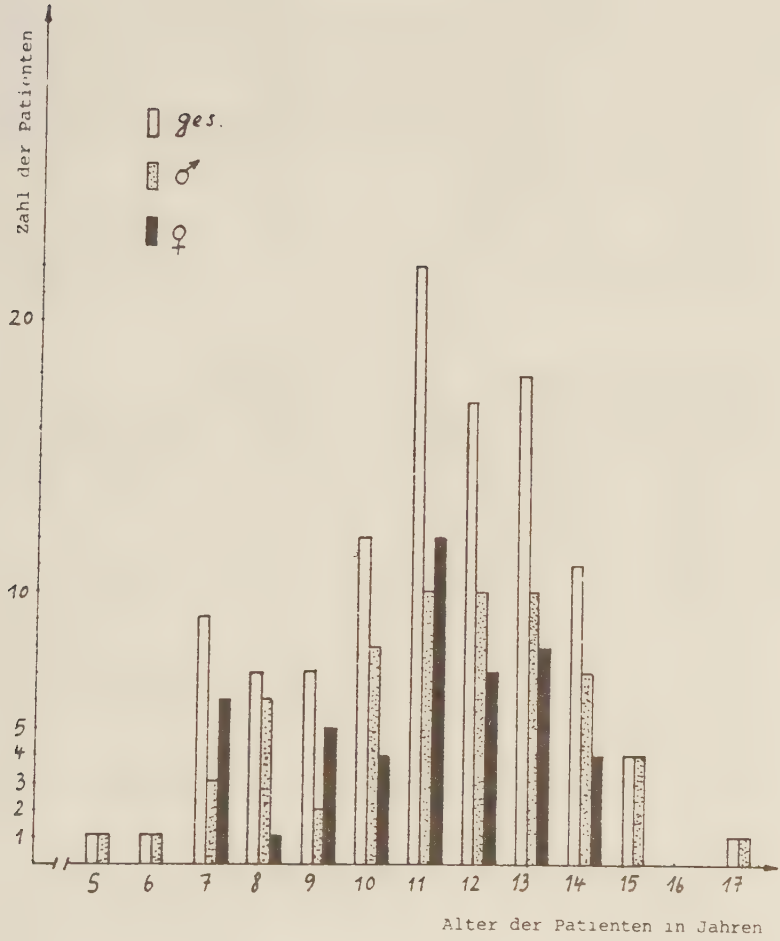


Abb. 7 Häufigkeit der Epiphysenverletzungen abhängig von Alter und Geschlecht

Tabelle 3 Einteilung der Epiphysenverletzungen

Typ I	Lyse	48 ≙ 43,6%
Typ II	Lyse mit metaphysärem Fragment	44 ≙ 40 %
Typ III	Lyse mit epiphysärem Fragment	13 ≙ 11,8%
Typ IV	Epi- und metaphysäres Fragment	5 ≙ 4,6%
Typ V	Stauchung	0 ≙ 0 %
Typ VI	periepiphysäre Verletzung	0 ≙ 0 %
Gesamt		110 ≙ 100%

Regionale Besonderheiten und Behandlungsart

Die Verletzungen des distalen Radius sind mit 35 ≙ 31,8% am häufigsten. Die distale Tibiaepiphyse ist mit 27 ≙ 24,5% am zweithäufigsten betroffen, gefolgt von Verletzungen der Epicondyles mediales mit 15 ≙ 13,6%. Die Epiphysenverletzungen der oberen Extremität sind mit 65 ≙ 59% höher als die der unteren Extremität mit 45 ≙ 41%.

Von den insgesamt 110 Patienten wurden 33 ≙ 30% primär operativ behandelt. Bei den konservativ behandelten Patienten mußte fünfmal wegen schlechter Resorptionsergebnisse sekundär eine Operation durchgeführt werden. Es handelte sich dabei in drei Fällen um die distale Tibia, einmal um den distalen Radius, einmal um die große Zehe.

Somit sind 38 ≙ 34,5% der Epiphysenverletzungen in unserem Krankengut operativ versorgt, die restlichen 72 ≙ 65,5% sind konservativ therapiert worden.

Von den 38 operativ behandelten Fällen gehörten 27 ≙ 71% zur Gruppe I, 7 ≙ 18,5% zur Gruppe II und 4 ≙ 10,5% zur Gruppe III nach Aitken. Nachfolgend sind die Lokalisationen der primär operativ behandelten Fälle tabellarisch dargestellt.

Tabelle 4 zeigt die Lokalisation der Epiphysenverletzungen und ihre Behandlung an der oberen, Tabelle 5 an der unteren Extremität

Tabelle 4 Obere Extremität

Lokalisation	Fallzahl	operativ	konservativ
Distaler Radius	35	2	33
Epicondylus medialis	15	9	6
Epicondylus lateralis	6	3	3
Finger	5	3	2
Distale Ulna	3	0	3
Radiusköpfchen	1	1	0
Gesamt	65	18	47

Tabelle 5 Untere Extremität

Lokalisation	Fallzahl	operativ	konservativ
Distale Tibia	27	4	23
Proximale Tibia	5	3	2
Distale Fibula	4	1	3
Distaler Femur	3	3	0
Femurkopf	3	3	0
Großzehe	2	1	1
Metatarsale II	1	0	1
Gesamt	45	15	30

Von den insgesamt 38 operativ behandelten Kindern konnten 28 nachuntersucht werden. Die restlichen Kinder waren entweder unbekannt verzogen oder zu den vereinbarten Untersuchungen nicht erschienen. Bei den 28 nachuntersuchten operativ behandelten Kindern konnte kein pathologischer Befund erhoben werden.

Die Nachuntersuchungen wurden sowohl bei den operierten Kindern als auch bei den konservativ behandelten Kindern nach der Neutral-0-Methode durchgeführt. Dabei wurden Bewegungsunterschiede von weniger als 5° nicht berücksichtigt. Außerdem wurden die Muskulatur, die Sensibilität und das Längenwachstum sowie die lokalen Besonderheiten begutachtet. Unter Berücksichtigung der oben erwähnten Kriterien hatten lediglich drei von den insgesamt 87 untersuchten Kindern pathologische Merkmale. Alle drei Patien-

ten hatten Verletzungen im Bereich des Ellbogengelenks und waren konservativ behandelt.

Kasuistik

1. Mario B. 6 Jahre, behandelt 1977
   Diagnose: Ausrißfraktur des lateralen Epicondylus humeri rechts
   Therapie: konservativ
   Befund: Antekurvatio, Cubitus valgus, Vorsprung des Epicondylus lateralis sowie leichte Streck- und Beugehemmung um -15° ohne Sensibilitätsstörung und ohne Muskelatrophie.

2. Tulin K. 12 Jahre, behandelt 1978
   Diagnose: Ausrißfraktur des Epicondylus medialis humeri links
   Therapie: konservativ
   Befund: Der linke Arm ist 1,5 cm kürzer als der rechte. Einschränkung der Streckung um 5°, leichter Cubitus varus, Druckschmerz im Bereich des Nervus ulnaris, dorsal vom Epicondylus medialis. Röntgenologisch kein pathologischer Befund.

3. Petra G. 11 Jahre, behandelt 1976
   Diagnose: Radiusköpfchenluxationsfraktur und Absprengung des Epicondylus ulnaris humeri rechts
   Therapie: konservativ
   Befund: Eingeschränkte Pronation rechts um ein Drittel, bei vermehrter Pronation kommt es zu Hyperaesthesien im Versorgungsbereich des Nervus ulnaris und Druckempfindlichkeit desselben. Als Nebenbefund sind die kleinen Finger bds. im Mittelglied in Semiflexion fixiert.

VII. Zusammenfassung

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit wurden die Anatomie und Entwicklung sowie Pathophysiologie der Epiphysenfuge besprochen, auf die Bedeutung der Gefäßversorgung der Epiphyse und die Bedeutung des Stratum germinativum hinsichtlich der Therapie und Prognose hingewiesen. Die Systematik von Verletzungen der Wachstumsfuge, die regionalen Besonderheiten und die Abgrenzung der Indikation zwischen konservativer Behandlung und operativem Vorgehen bei speziellen Epiphysenverletzungen wurden erläutert. Im zweiten Teil der Arbeit sind die eigenen Untersuchungsergebnisse dargestellt.

In den Jahren 1973 - 1980 wurden 110 Kinder wegen Epipyhsenverletzungen im RVK Berlin behandelt, das sind 9,1% der insgesamt 1200 Knochenverletzungen in unserem Krankengut. In der Literatur wird der Anteil der Wachstumsfugenverletzungen mit 10 - 15% aller Knochenverletzungen im Kindesalter angegeben.

87 ≙ 79,1% der Patienten konnten nachuntersucht werden. Beim größten Teil von Wachstumsfugenverletzungen unseres Krankengutes (92 ≙ 83,6%) handelte es sich um Epiphysenlösungen mit oder ohne metaphysäres Fragment (Typ I und II nach Müller und Ganz bzw. Aitken 0 - I). Beiden Arten ist gemeinsam, daß die Frakturebene die Wachstumszone an keiner Stelle überkreuzt, damit bleibt das epiphysäre Wachstum ungestört und die Prognose ist gut. 72 Kinder dieser Gruppe waren konservativ behandelt worden, davon zeigten 3 Patienten bei der Nachuntersuchung ein Fehlwachstum. Alle 3 Kinder hatten Verletzungen im Bereich des Ellbogengelenks.

18 ≙ 16,4% der Patienten hatten eine Epiphysenfraktur, die dadurch charakterisiert ist, daß die Frakturfläche die Wachstumsfuge durchquert und in die Epiphyse und damit praktisch immer auch in die Gelenkfläche hineinläuft. Dabei kann die Frakturebene teilweise in der Fuge verlaufen (Typ III nach Müller bzw. Aitken II) oder die Fuge nur durchqueren und sich weiter in die Metaphyse fortsetzen (Typ IV nach Müller bzw. Aitken III). In beiden Fällen ist die Wachstumszone von der Frakturebene überkreuzt , damit ist das epiphysäre Wachstum gestört und die Prognose ist schlecht. Die Epiphysenfuge verschließt sich an der verletzten Stelle und das Wachstum sistiert lokal. Da die übrigen Anteile der Fuge intakt bleiben, resultiert schließlich ein gestörtes asymmetrisches Längenwachstum. Die Komplikations-

möglichkeiten können meist nur dadurch vermieden werden, daß das Fragment primär operativ anatomisch exakt reponiert und wasserdicht retiniert wird.

Keiner der 11 operativ behandelten und nachuntersuchten Patienten dieser Gruppe entwickelte eine Wachstumsstörung. Auch die restlichen 7 konservativ behandelten Kinder dieser Gruppe, die übrigens alle nachuntersucht werden konnten, zeigten keinen pathologischen Befund.

VIII. Literaturverzeichnis

1. Aitken A.P.: The end result of the fractures distal tibia epiphysis. J.Bone Jt Surg. 18: 685 (1936)

2. Aitken A.P., Magill K.: Fractures of the distal femoral epiphysis. J.Bone Jt Surg. 34 A: 96 (1952)

3. Bargmann W.: Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. Georg Thieme Verlag Stuttgart (1977)

4. Bauer U., Waldschmidt J. und Hasse W.: Statistische Auswertung von 5493 Unfällen im Kindesalter unter besonderer Berücksichtigung von Unfallgeschehen, Unfallort und Schwere des Traumas. Z. Kinderch. Suppl. zu Band 11, 166 - 174 (1972)

5. Blount W.P.: Knochenbrüche bei Kindern. Georg Thieme Verlag Stuttgart (1957)

6. Boitzy A.: Frakturen am proximalen Femur. In Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen. Springer Verlag Berlin (1978)

7. Braus H.: Anatomie des Menschen Band I Springer Verlag Berlin 3. Auflage (1954)

8. Brunner Ch.: Frakturen im Kniegelenk. In Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen. Springer Verlag Berlin (1978)

9. Carothers Ch.O., Crenshaw A.H.: Clinical significance of a classification of epiphyseal injuries at the ankle. Amer. J. Surg. 89,879 (1955)

10. Cehner J.: Mittelfuß-, Vorderfuß- und Zehenfrakturen. In Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und

Jugendlichen. Springer Verlag Berlin (1978)

11. Cotta H.: Reaktionsmöglichkeiten der Wachstumsfuge unter pathologischen Bedingungen. Z. Orthop. 115, 547 (1977)

12. Cotta H., Rautenberg K.: Physiologie und Pathologie der Wachstumsfuge. Z. Orthop. 117, 1 (1979)

13. Dénes J., Herczeg M., Leb J.: Geburtstraumatische Epiphyseolysen. Z. Kinderch. Suppl. zu Band 11, 193 - 200 (1972)

14. Doerr W.: Organpathologie Band III Thieme Verlag (1974)

15. Dübnen W.: Frakturen des Ellbogengelenks. Z. Kinderch. Suppl. zu Band 11, 736 - 748 (1972)

16. Ecke H.: Traumatische Veränderungen an der Wachstumsfuge, ihre Behandlung und Prognose. Z. Kinderch. Suppl. zu Band 11,699 - 716 (1972)

17. Ehalt W.: Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen. Enke Verlag Stuttgart (1961)

18. Ehlers P.N., Eberlein H.: Epiphysenfrakturen. Klinischer Beitrag zur Frage der Spätfolgen. Langenbecks Arch. Klin. chir. 305,213 (1964)

19. Gädecke R.: Der Unfall im Kindesalter. Handbuch der Kinderheilkunde Band III Springer Verlag Berlin (1966)

20. Geley L., Hartl H.: Geburtsverletzungen. Z. Kinderch. Suppl. zu Band 11, 178 - 185 (1972)

21. Giulianik K.: Spätzustände nach traumatisch-mechanischen Schädigungen der Epiphysen am distalen Tibiaende. Arch. Orthop. Unfall-chir. 45: 386 (1952)

22. Goudarzi Y.M.: Die Behandlung der supracondylären Humerusfraktur bei

Kindern und Jugendlichen. Akt. Traumatologie 3: 153 (1980)

23. Goudarzi Y.M.: Die Indikation zur Osteosynthese der kindlichen Frakturen. ZFA 32 / 1981

24. Grob M.: Lehrbuch der Kinderchirurgie Thieme Verlag Stuttgart (1957)

25. Grosser O., Ortmann R.: Grundriß der entwicklungsgeschichte des Menschen. Springer Verlag 6. Auflage (1966)

26. Hackenbroch jr.M.H.: Die Indikation zur Osteosynthese bei der frischen kindlichen Verletzung. Z. Kinderch. Suppl. zu Band 11, 671 - 685 (1972)

27. Häring M., Schenk R.: Zur transepiphysären Verschraubung des intercondylären Eminentiaausrisses am wachsenden Skelett. Unfallheilkunde 84: 204 (1981)

28. Ham A.W.: Histologie 7ed. Philadelphia, Lippincott (1974)

29. Hartl M.: Verletzungen im Neugeborenen-, Säuglings- und Kindesalter. Wien. med. Wschr. 41: 702 (1970)

30. Herrenstein R.J.: Pseudoluxatio coxae durch Abriß der Femurepiphyse bei der Geburt. Bruns Beitr. klin. Chirg. 146: 592 (1929)

31. Henkel H.: Geburtstraumen. In: Das verletzte Kind. Lehrbuch der Kindertraumatologie, Hrsg. Sauer (1984)

32. Hertel P., Klapp F.: Epiphysenverletzungen im Wachstumsalter. Mschr. Unfallheilkunde 78: 206 (1975)

33. Hertel P.: Ergebnisse der operativen Behandlung von Eminentia-Ausrissen des Kniegelenks im Kindesalter. Eine Analyse von 38 Fällen. Unfallheilkunde 84: 397 (1981)

34. Hertel P.: Frakturen im Wachstumsalter. In: Indikation zur Operation Hrsg. Herberer G., Schweiberer L. Springer Verlag Berlin (1981)

35. Höllwarth M.: Frakturen der Eminentia intercondylica im Kindesalter. Unfallheilkunde 84: 45 (1981)

36. Höllwarth M., Hausbrandt D.: Verletzungen der unteren Extremität. In: Das verletzte Kind. Lehrbuch der Kindertraumatologie Hrsg. Sauer (1984)

37. Hohmann G.: Beitrag zur Behandlung der Spätfolgen nach Verletzung der distalen Tibiaepiphyse. Arch. Orthop. Unfall-Chir. 48: 199 (1956)

38. Jani L.: Beurteilung und Behandlung von Kinderfrakturen. Ther. Umsch. 32: 800 (1975)

39. Jani L.: Die Distraktionsepiphyseolyse. Tierexperimentelle Studie zum Problem der Beinverlängerung. Z. Orthop. 113: 189 (1975)

40. Jonasch E., Bertel E.: Verletzungen bei Kindern bis zum 14. Lebensjahr Springer Verlag Berlin (1981)

41. Kehrer B.: Frakturen im Kindesalter. In: Kinderchirurgie. Hrsg. Bettex M., Genton N., Stockmann M. 2. Auflage Thieme Verlag Stgt. (1982)

42. Klapp F., Eitel F., Dambe L.T.: Fehlwachstum nach metaphysären Verletzungen im Wachstumsalter. Hefte Unfallheilkunde 132: 282 (1979)

43. Kummer B.: Bauprinzipien des Säugerskeletts. G.Thieme Verlag (1959) Med. Hab. Schr. v. 1958 Frankfurt am Main

44. Kuner E.M., Weyand F.: Indikation zur operativen Behandlung der kindlichen Frakturen. Akt. Traumatol. 1: 63 (1971)

45. Von Laer L.R.: Klinische Aspekte zur Einteilung kindlicher Frakturen, insbesondere zu den traumatischen Läsionen der Wachstumsfuge. Unfallheilkunde 84: 229 (1981)

46. von Laer L.R.: Posttraumatische Wachstumsstörung am kindlichen Ellbogen. Unfallheilkunde 84: 101 (1981)

47. von Laer L.R.: Die "Unvollendete" des Wachstumsalters: Die Übergangsfraktur der distalen Tibia. Unfallheilkunde 84: 373 (1981)

48. von Laer L.R., Jehle B., Gerber B.: Epiphysenfrakturen und Epiphysenlösungen der distalen Tibia. Z. Kinderch. 36: 125 (1982)

49. von Laer L.R.: Besonderheiten der Frakturheilung im Kindesalter. In: Das verletzte Kind. Lehrbuch der Kindertraumatologie Hrsg. Sauer (1984)

50. Lam S.F.: Fractures of the neck of the femur in children. J. Bone Jt Surg. 53 A: 1165 (1971)

51. Lynn M.D.: The triplane distal tibial epiphyseal fracture. Clin. Orthop. 86: 187 (1972)

52. Magerl F.: Frakturen am proximalen Humerus. In: Weber B.G., Brunner, Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen Springer Verlag Berlin Heidelberg New York (1978)

53. Magerl F., Brunner Ch., Zöch K., Berreux P.: Frakturen und Luxationen der Wirbelsäule. In Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen Springer Verl. Berlin (1978)

54. Marmor L.: An unsual fracture of the tibial epiphysis. Clin. Orthop. 73: 132 (1970)

55. Matzner R.: Die Behandlung der Frakturen des Neugeborenen, des Säuglings und des Kleinkindes. Arch. Orthop. Unfall-Chir. 47: 320 (1955)

56. Meier A.: Geburtstraumatische Epiphysenlösungen am proximalen Femurende. Arch. Kinderheilkunde 166: 267 (1939)

57. Michael J.P., Theodoran S., Monliaras K., Siatis N.: Two cases of

obstetrical separation (epiphyseolysis) of the upper femoral epiphyses. J. Bone Jt Surg. 40 B: 477 (1958)

58. Morger R.: Frakturen und Luxationen am kindlichen Ellbogen. Karger Basel New York (1965)

59. Morger R.: Geburtstrauma, Thoraxtrauma, Abdominal- und Mehrfachverletzungen, Kindesmißhandlungen. In Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen. Springer Verlag Berlin (1978)

60. Morscher E.: Zur Pathogenese der Epiphyseolysis capitis femoris. Arch. Orthop. Unfall-Chir. 53: 331 (1961)

61. Morscher E.: Posttraumatische Zapfenepipyhse Arch. Orthop. Unfall-Chir. 61: 128 (1967)

62. Morscher E.: Verletzungen der Wachstumsfugen. Orthop. Prax. 9: 315 (1973)

63. Morscher E.: Klassifikation von Epiphysenverletzungen. Z. Orthop. 115: 557 (1977).

64. Morscher E., Jani L.: Posttraumatische Wachstumsstörungen am kindlichen Skelett und ihre Behandlung. In: Das verletzte Kind. Lehrbuch der Kindertraumatologie. Hrsg. Sauer H. (1984)

65. Müller M.E.: Zur Einteilung und Reposition der Kinderfrakturen. Unfallheilkunde 80: 187 (1974)

66. Müller M.E., Ganz R.: Luxationen und Frakturen unterer Gliedmaßen und Becken. In: Rehn J.(Hrsg.) Unfallverletzungen bei Kindern Springer Verlag Berlin (1974)

67. Münzenberg K.J., Wiedemann B.: Ergebnisse operativer Behandlungsmaßnahmen bei Epiphyseolysis capitis femoris. Z. Orthop. 116:579 (1974)

68. Pauwels F.: Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates. Springer Verlag (1965)

69. Pauwels F.: Funktionelle Anpassung des Knochens durch Längenwachstum Verh. Dtsch. Orthop. 45, Köln 1957, Enke Verlag Stuttgart

70. Pelet D.: Fraktur des epicondylus medialis. In: Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen Springer Verlag (1978)

71. Rautenberg K.: Morphologische Untersuchungen zur Pathogenese der Epiphyseolysis capitis femoris. Beobachtungen am menschlichen Biopsiematerial und tierexperimentelle Verlaufsstudie. Habilitationsschrift Heidelberg (1974)

72. Reismann B.: Auswirkungen von Frakturen auf die kindliche Wachstumsfuge. Fortschr. Med. 42: 2164 (1978)

73. Reismann B.: Die Ursachen des Mehrwachstums nach Frakturen im Kindesalter. Z. Kinderch. 26: 348 (1979)

74. Renné J.: Zur Systematik von Verletzungen der Wachstumsfuge. Z. Orthop. 115: 563 (1977)

75. Riedel K.: Frakturen im Kindesalter. Dtsch. Med. Wschr. 81:32 (1956)

76. Ritter G.: Verletzungen des Schultergürtels und der oberen Extremität. In: Das verletzte Kind. Lehrbuch der Kindertraumatologie (1984)

77. Sägesser M.: Spezielle chirurgische Therapie Verlag Hans Haube Bern Stuttgart Wien (1976)

78. Salter R.B.: Textbook of Disorders und Injuries of the musculoskeletal system. Baltimore Williams und Wilkins (1970)

79. Salter R.B., Harris W.R.: Injuries involving the epiphyseal plate.

J. Bone Jt. Surg. 45A: 587 (1963)

80. Sauer D., Freyschmidt J., Suren E.G.: Epiphysenlösung und Epiphysenfrakturen, röntgenologische Aspekte und Therapien. Chir. Praxis 25: 521 (1979)

81. Schenk R.: Histomorphologische und physiologische Grundlagen des Skelettwachstums. In Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen. Springer Verlag Berlin (1978)

82. Schenk R.K.: Besoderheiten des kindlichen Skeletts im Hinblick auf die Frakturbildung. Langenbecks Arch. Chir. 342: 269 (1976)

83. Schinz H.R. u.a.: Lehrbuch der Röntgendiagnostik Band II Teil I Thieme Verlag (1979)

84. Schmid F.: Pädiatrische Radiologie Band I Springer Verlag (1973)

85. Schulitz K.P.: Präarthrose und Arthrose am Beispiel der Epiphyseolyse. Z. Orthop. 116: 624 (1978)

86. Schweiberer L.: Verletzungen am Knöchelgelenk beim Kind. Z. Kinderch. 24: 435 (1978)

87. Segmüller G.F., Schönenberger : Frakturen am Handskelet. In: Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen. Springer Verlag Berlin (1978)

88. Siegenthaler : Klinische Pathologie, Skelett und Mineralstoffwechsel Thieme Verlag 3. Auflage (1976)

89. Siffert R.S.: Displacement of distal humeral epiphysis in the newborn J. Bone Jt Surg. 45 A: 165 (1963)

90. Stark D.: Embryologie Thieme Verlag 3. Auflage (1975)

91. Steinert V.: Epiphysenlösung und Epiphysenfrakturen
Arch. Orthop. Unfall-Chir. 58: 200 (1965)

92. Stühmer K.G.: Distale Vorderarmfrakturen.In: Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen Springer Verlag Berlin (1978)

93. Suessenbach F., Weber B.G.: Epiphysenverletzungen am distalen Unterschenkel. Huber Verlag Bern Stuttgart Wien (1970)

94. Tachdjian M.O.: Pediatric orthopedics. Saunders, Philadelphia London (1972)

95. Titze A.: Sprunggelenksverletzungen bie Kindern.
Zschr. Kinderch. 4: 400 (1976)

96. Torg J.S., Ruggiero R.A.: Comminuted epipyhseal fracture of the distal tibia. Clin. Orthop. 73:134 (1970)

97. Trueta J.: The normal vascular anatomy of human femoral head during growth. J. Bone Jt. Surg. 39 B: 358 (1957)

98. Trueta J., Amato V.P.: The vascular contribution to osteogenesis, III. changes in the growth cartilage caused by experimentally induced ischaemia. J. Bone Jt. Surg. 42 B: 571 (1960)

99. Trueta J.: The role of vessels in osteogenesis.
J. Bone Jt. Surg. 45 B: 402 (1963)

100. Tscherne H., Gotzen L., Trentz O.: Die Osteosynthesen epiphysennaher Frakturen im Kniegelenkbereich einschließlich der Korrektureingriffe. Akt. Traumatol. 4: 101 (1974)

101. Wagner H.: Korrektureingriffe nach Verletzungen des distalen Radiusendes. Langenbecks Arch. Chir. 334: 21 (1973)

102. Wagner H.: Traumatische Knorpelschäden des Kniegelenks. Orthopäde 3: 208 (1974)

103. Weber B.G.: Epiphysenverletzungen. Helv. Chir. acta 31: 103 (1964)

104. Weber B.G.: Epiphysenfrakturen. Orthopädische Praxis I/II (1966)

105. Weber B.G.: Prophylaxe der Achsenfehlstellungen bei der Behandlung kindlicher Frakturen. Z. Unfallmed. Berufskrankh. I/66: 80 (1966)

106. Weber B.G.: Frische Verletzungen der Wachstumsfuge und ihre Therapie. Z. Orthop. 115: 567 (1977)

107. Weber B.G.: Indikationen zur operativen Frakturbehandlung bei Kindern Chirurg 10: 441 (1977)

108. Weber B.G.: Frakturheilung am ausgereiften und am wachsenden Skelet. In: Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen. Springer Verlag Berlin (1978)

109. Weber B.G., Waidelich E., Kern F.: Die Behandlung von Frakturen beim Kind und Jugendlichen. In: Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen. Springer Verlag Berlin (1978)

110. Weber B.G., Süssenbach F.: Frakturen der Malleolengegend. In: Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen. Springer Verlag Berlin (1978)

111. Weis L., Roy O. Greep: Histologie 3. Edition Mc Graw - Hill (1973)

112. Wertheimer L.G., Lopes S.F.: Arterial supply of the femoral head. J. Bone Jt. Surg. 54 A: 545 (1971)

113. Wiedmer U., Freuler F., Bianchini D.: Gipsfibel 2. Springer (1967)

114. Zacher D., Koob E., Schlegel K.F.: Orthopädische Aspekte der Traumatologie im Kindesalter. Z. Kinderch. Suppl. zu Band 11:659 (1972)

115. Zimmermann H.: Ellbogenbrüche. In: Weber B.G., Brunner Ch., Freuler F.: Die Frakturenbehandlung bei Kindern und Jugendlichen. Springer Verlag Berlin (1978)

Herrn PD Dr. med. Y. Moazami-Goudarzi bin ich für die Überlassung des Themas, für seinen Rat und für die bereitwillige und ständige Unterstützung bei der Auswertung des Patientengutes und bei der Anfertigung meiner Arbeit zu ganz besonderem Dank verpflichtet.

Lebenslauf

Geboren am 18.07.1944 in Teheran, Iran; Grund- und Oberschule in Teheran. Seit 1964 wohnhaft in der BRD. Bis 1967 Praktikant und Arbeitnehmer bei Siemens und Krupp in Mühlheim und Essen, sowie zwei Semester Ingenieurschule in Kassel. Bis 1968 zwei Semester Studienkolleg in Frankfurt und Medizinstudium. Staatsexamen 1975 in Hamburg und bis 1976 Medizinalassistentenzeit

1.10.76 - 31.12.79 Assistenzarzt in der Frauenklinik des Zentralkrankenhauses Bremerhaven, der chirurgischen Klinik des Furtbachkrankenhauses in Stuttgart und der Frauenklinik der Städtischen Krankenanstalten Heilbronn.
1.1.80 - 31.8.81 Assistenzarzt in der Strahlenklinik des Rudolf-Virchow-Krankenhauses Berlin.
1.9.81 - 30.6.84 Assistenzarzt in der Frauenklinik des Städtischen Krankenhauses Düsseldorf und Oberarzt in der Frauenklinik des St. Vinzenz-Krankenhauses in Paderborn.
Seit 1.7.84 Oberarzt in der Frauenklinik des Bürgerhospitals in Frankfurt.